

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**Gallium nitride-based compound semiconductor light-emitting device and method for making the same**

Patent Number: ☐ US5369289  
Publication date: 1994-11-29  
Inventor(s): TAMAKI MAKOTO (JP); KOZAWA TAKAHIRO (JP)  
Applicant(s): TOYODA GOSEI KK (JP); TOYODA CHUO KENKYUSHO KK  
Requested Patent: ☐ JP5129658  
Application: US19920969769 19921030  
Priority Number(s): JP19910313977 19911030  
IPC Classification: H01L29/205; H01L33/00  
EC Classification: H01L33/00B4C, H01L33/00C4D3C  
Equivalents: JP2666228B2

---

**Abstract**

---

A light-emitting device comprises an n-type layer made of an n-type gallium nitride-based compound of the formula  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ , wherein 0

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

第2666228号

(45) 発行日 平成9年(1997)10月22日

(24) 登録日 平成9年(1997)6月27日

(51) Int. Cl.  
H 0 1 L 33/00

識別記号 庁内整理番号

F I  
H 0 1 L 33/00

技術表示箇所

C

請求項の数9(全7頁)

(21) 出願番号 特願平3-313977

(22) 出願日 平成3年(1991)10月30日

(65) 公開番号 特開平5-129658

(43) 公開日 平成5年(1993)5月25日

早期審査対象出願

(73) 特許権者 000241463

豊田合成株式会社

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑

1番地

(73) 特許権者 000003609

株式会社豊田中央研究所

愛知県愛知郡長久手町大字長瀬字横道41

番地の1

(72) 発明者 田牧 真人

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑

1番地 豊田合成株式会社内

(72) 発明者 小澤 隆弘

愛知県愛知郡長久手町大字長瀬字横道41

番地の1 株式会社豊田中央研究所内

(74) 代理人 弁理士 藤谷 修

審査官 小橋 立昌

(54) 【発明の名称】 窒化ガリウム系化合物半導体発光素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 サファイア基板と、この基板上に形成された、n型の窒化ガリウム系化合物半導体から成るn層と、p型不純物を添加した窒化ガリウム系化合物半導体から成るp型不純物添加層を有する発光素子において、前記p型不純物添加層の一部を除去して露出された前記n層上に形成された第2の電極と、前記第2の電極と同一面側に設けられ、前記p型不純物添加層のほぼ全面に設けられた透明の第1の電極と、前記第1の電極の一部に設けられたワイヤボンディングのための取出電極とを有し、前記n層は、前記p型不純物添加層全体に均一に電流が流れるようにSiがドーブされた低抵抗率のGa<sub>0.4</sub>Nとし、たことを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項2】 前記取出電極と前記第2の電極は、形状が異なることを特徴とする請求項1に記載の発光素子。

【請求項3】 前記p型不純物添加層の一部は、ドライエッチングにより除去されたことを特徴とする請求項1または請求項2に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項4】 前記取出電極は、前記第1の電極の周辺部の一部に設けられていることを特徴とする請求項1乃至請求項3のいずれか1項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項5】 前記取出電極は、前記第1の電極と前記第2の電極の対向する反対側の周辺部の一部に設けられていることを特徴とする請求項1乃至請求項4のいずれか1項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項6】 前記n層は、前記サファイア基板の側か

R011667

らSiがドーブされたGa<sub>1-x</sub>Nから成る層と、ドナー不純物が無添加のGa<sub>1-x</sub>Nから成る層との2層構造としたことを特徴とする請求項1乃至請求項5のいずれか1項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項7】 前記取出電極は、NiとAuの2層を有することを特徴とする請求項1乃至請求項6のいずれか1項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項8】 前記p型不純物添加層は、p型不純物が添加されたGa<sub>1-x</sub>Nであることを特徴とする請求項1乃至請求項7のいずれか1項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【請求項9】 前記第1の電極に接合した前記取出電極に導線により接続される第1のリードピンと、前記第2の電極に導線により接続される第2のリードピンとを更に有することを特徴とする請求項1乃至請求項8のいずれか1項に記載の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は青色や短波長領域発光の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子に関する。

【0002】

【従来技術】 従来、青色や短波長領域発光の発光ダイオードとしてGa<sub>1-x</sub>N系の化合物半導体 ( $Al_xGa_{1-x}N$ ;  $0 \leq x < 1$ ) を用いたものが知られている。そのGa<sub>1-x</sub>N系の化合物半導体は直接遷移であることから発光効率が高いこと、光の3原色の1つである青色を発光色とすること等から注目されている。

【0003】 このようなGa<sub>1-x</sub>N系の化合物半導体は、低抵抗p型結晶が得られていないため、これを用いた発光ダイオードは金属電極 (Metal) - 半絶縁性のGa<sub>1-x</sub>Nから成る層 - n型Ga<sub>1-x</sub>Nから成るn層 (Semiconductor) の構造をとる。発光は電極 (発光電極) の直下で見られる。このような構造のGa<sub>1-x</sub>N青色LEDにおいては、光を効率よく取り出すための素子構造および実装方法の確立が不可欠となっている。さらに、特開昭59-228776号公報に記載されているように、AlGa<sub>1-x</sub>N半導体を用いたシングルヘテロ接合又はダブルヘテロのN<sup>+</sup>NP、N<sup>+</sup>PP<sup>+</sup>、PNN<sup>+</sup>、P<sup>+</sup>PN<sup>+</sup>構造を有する発光素子が知られている。又、特開平2-275682号公報に記載されているように、GaP基板上にAlGa<sub>1-x</sub>N/BPの超格子層から成るp層とn層とを接合させた発光素子が知られている。その素子では、ジンプレンド構造のBPとの超格子にAlGa<sub>1-x</sub>Nを形成することで、AlGa<sub>1-x</sub>Nにおいて、量子空孔によるドナー濃度を低下させ、アクセプト不純物を添加してp型化している。又、厚いウルツァイト構造のGa<sub>1-x</sub>NにSiを添加したコンタクト層が用いられている。

【0004】 Al<sub>1-x</sub>Ga<sub>1-x</sub>Asなどの他の3-5族化合物半導体を用いたpn接合型構造の発光素子においては、

素子内での接合面に平行な横方向への電流の拡散のために、接合面に垂直に且つ均一に電流が流れる。この結果、上記のLEDのように電極直下部分のみが発光するのとなり、電極の大きさに関係なく接合面全体が発光する。接合面全体がほぼ均一に発光するため、光の取り出しが容易である。

【0005】 しかし、上記構造をとるGa<sub>1-x</sub>N青色LEDは、発光電極直下の層は抵抗率が高いために、その層中では、接合面に平行な横方向への電流拡散はほとんど起こらない。このため、発光する部分は発光電極直下の領域に限られる。したがって、通常の金属電極では、発光電極側からは、発光は電極のかげになってほとんど見えない。

【0006】 そこで、従来のGa<sub>1-x</sub>N青色LEDは、サファイア基板とGa<sub>1-x</sub>Nとが発光に対して透明であることを利用して、発光電極を下面にしてのフリップチップ方式により、光を基板を通して裏面より取り出す方法をとっている。すなわち、発光電極と、n層と電気的に接続された電極 (n層側電極) とをGa<sub>1-x</sub>Nエピタキシャル層表面に形成し、これらの電極とリードフレームとをハンダによって接合することにより、基板を通して光を取り出すことを可能にしたものである。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、フリップチップ方式を用いた場合、発光電極およびn層電極とリードフレームはハンダによって接合されているため、以下にあげる理由により、素子の電気的な直列抵抗成分が大きくならざるを得ない。

1. 発光電極とn層電極とのハンダの短絡を防ぐため電極間隔を余り狭くできず、電気的な抵抗成分が大きくなってしまふ。
2. 発光電極とn層電極の形状が大きく異なると、ハンダバンプ形成時においてハンダバンプの高さも異なってしまうため、リードフレームとの接合不良が起こり易くなる。

【0008】 したがって、両電極の面積は略同じ形状としなければならない。このため、電極パターンの自由度がなくなり、電気的な抵抗成分を減少させるための最適なパターンをとれなくなる。又、素子の電気的な直列抵抗成分が大きいうことは素子の発光効率を低下させるためばかりではなく、素子の発熱を誘因し、素子の劣化や発光強度の低下を引き起こすことになり好ましくない。又、サファイア基板を用いた場合にはサファイアが絶縁性であるため、特開平2-275682号公報の発光素子構造と異なり、特開昭59-228776号の発光層の構造のように同一面側にp層及びn層の電極を形成する必要がある。そして、発光面積をなるべく減少させないように、下層のn層に対しては、スポットとして電流を供給しなければならない。しかし、上記従来技術では、p層、n層の抵抗率が十分に低くないために、供給電流の平面状

の拡散が十分でなく、発光が不均一で駆動電圧も高いという問題がある。

【0009】本発明は、発光素子において、光の取り出し効率を向上させると共に電気的な抵抗成分を低く抑えることでさらに発光効率を向上させることである。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するための請求項1の発明は、サファイア基板と、この基板上に形成された、n型の窒化ガリウム系化合物半導体から成るn層と、p型不純物を添加した窒化ガリウム系化合物半導体から成るp型不純物添加層を有する発光素子において、p型不純物添加層の一部を除去して露出されたn層上に形成された第2の電極と、第2の電極と同一面側に設けられ、p型不純物添加層のほぼ全面に設けられた透明の第1の電極と、第1の電極の一部に設けられたワイヤボンディングのための取出電極とを有し、n層は、p型不純物添加層全体に均一に電流が流れるようにSiがドーパされた低抵抗率のGa<sub>0.9</sub>Nとしたことを特徴とする。

【0011】請求項2の発明は、取出電極と第2の電極とが形状を異なるようにしたことを特徴とし、請求項3の発明は、p型不純物添加層の一部は、ドライエッチングにより除去されたことを特徴とする。請求項4の発明は、取出電極は、第1の電極の周辺部の一部に設けられていることを特徴とし、請求項5の発明は、取出電極は、第1の電極と第2の電極の対向する反対側の周辺部の一部に設けられていることを特徴とする。請求項6の発明は、n層は、サファイア基板の側からSiがドーパされたGa<sub>0.9</sub>Nから成る層と、ドナー不純物が無添加のGa<sub>0.9</sub>Nから成る層との2層構造とし、請求項7の発明は、取出電極は、NiとAuの2層を有することを特徴とする。請求項8の発明は、p型不純物添加層は、p型不純物が添加されたGa<sub>0.9</sub>Nであることを特徴とし、請求項9の発明は、第1の電極に接合した取出電極に導線により接続される第1のリードピンと、第2の電極に導線により接続される第2のリードピンとを更に有することを特徴とする。

【0012】

【作用及び発明の効果】p型不純物添加層のほぼ全面に透明の第1電極を設けたために、その透明の第1電極が同一電位となり、透明の第1電極に垂直に一樣に電流が流れ、この電流が発光に寄与する。よって、透明の第1電極の下全ての面で発光を得ることができる。この結果、発光効率を向上させることができる。又、透明の第1電極を通して光を外部に出力するようにし、同一面に2つの電極を形成したので、基板をリードフレーム上に配設して、ワイヤボンディングにより素子の配線を形成することができ、製造が容易となる。さらに、n層を、p型不純物添加層全体に均一に電流が流れるようにSiがドーパされた低抵抗率のGa<sub>0.9</sub>Nとした結果、n層と透明

の第1電極とが導電性の平行平面を形成するので、第2の電極がn層の面上の一部に形成されていても、それらの面間に垂直に且つ一樣に電流を流すことができる。この結果、駆動電圧を低下させ発光効率を向上させることができる。上述のように、本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子は、第1の電極が可視光に対して透明であることを利用しているので、発光電極側からの光の取り出しが可能である。このため以下に例示する種々の作用効果を奏する。

【0013】1. 電極を上面にして実装できるため、ハンダを用いずに通常のワイヤボンディングによって接続でき、第1の電極に対してスポット的にリード線を接続しても、第1の電極の導電性により、平面方向にも電流が拡散するので、第1の電極全体を均一電位とすることができる。よって、第1の電極に対するワイヤボンディングパットは狭くできる。従って、第1の電極と第2の電極は、フォトリソグラフィやエッチング、リフトオフなど、素子作製のプロセスにおいて短絡を防ぐために必要とされる間隔があれば良い。即ち、従来のフリップチップ方式では、2つの電極間距離は、2つの電極に対するハンダ間の短絡を防止することから、フォトリソグラフィやエッチング技術の限界からくる距離よりも遙に長い距離を必要とするので、第1の電極の面積を広くできない。本発明では、この点、チップ面積に対する第1の電極面積の占有率を向上させることができるので、発光効率を向上させることができる。また、2つの電極間距離は、従来のフリップチップ方式よりもかなり小さくでき、素子の電気的な抵抗成分を減少させることができる。

【0014】2. フリップチップ方式では第1の電極と第2の電極のパターンは同じにする必要があったが、本発明では、2つの電極のパターンの自由度が増し、素子の電気的な抵抗成分を減少させる最適なパターンを設計することができる。

【0015】3. 第1の電極と第2の電極との間隔を小さくできること、および電極のパターンの自由度が増えることにより、発光面積に対するチップサイズの小型化、あるいは発光面積の拡大が可能となり、経済的な素子作製を容易に行うことができる。

【0016】4. AlGaAs 赤色LEDなど他の発光素子と、同一のリードフレーム内でのハイブリッド化が可能となることから、一つの素子で青や緑、赤などの多色を表示するLEDの実現が容易となる。

【0017】

【実施例】以下、本発明を具体的な実施例に基づいて説明する。図1は、本発明の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子を適用した発光ダイオードの成を示す断面図である。発光ダイオード10はサファイア基板1を有しており、そのサファイア基板1上には500ÅのAlNのバッファ層2が形成されている。そのバッファ層2の上には、膜厚約2.5μmのn型Ga<sub>0.9</sub>Nから成るn層4が形

成されている。さらに、n層4の上に膜厚約0.2 $\mu$ mのp型不純物を添加したGaNから成るp型不純物添加層5が形成されている。そしてp型不純物添加層5の表面からp型不純物添加層5を貫通しn層4に達する凹部21が形成されている。この凹部21を覆うようにn層4に接続する金属製のn層4のための第2の電極8が形成されている。この第2の電極8と離間してp型不純物添加層5上に、一例としての鋳添加酸化インジウム（以下ITOと略す）から成る透明導電膜のp型不純物添加層5のための第1の電極7が形成されている。第1の電極7の隅の一部分には取出電極9が形成されている。その取出電極9はNi層9bとAu層9cとの2層で構成されている。又、第2の電極8はn層4に接合するAl層8aとNi層8bとAu層8cとの3層で構成されている。この構造の発光ダイオード10のサファイア基板1の裏面にはAlの反射膜13が蒸着されている。

【0018】次に、この構造の発光ダイオード10は基板40に接合されており、基板40に立設されたリードピン41、42と電気的に接続されている。即ち、第1の電極7に接合した取出電極9のAu層9cとリードピン41とがAu線43により接続されており、第2の電極8のAu層8cとリードピン42とがAu線44により接続されている。

【0019】次に、この構造の発光ダイオードの製造方法について、図3から図9を参照しながら説明する。上記発光ダイオード10は、有機金属化合物気相成長法（以下、MOVPEと記す）による気相成長により製造された。用いられたガスは、 $\text{NH}_3$ とキャリアガス $\text{H}_2$ とトリメチルガリウム（ $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$ ）（以下、TMGと記す）とトリメチルアルミニウム（ $\text{Al}(\text{CH}_3)_3$ ）（以下、TMAと記す）とシラン（ $\text{SiH}_4$ ）とジエチル亜鉛（以下、DEZと記す）である。

【0020】まず、有機洗浄及び熱処理により洗浄したa面を主面とする単結晶のサファイア基板1をMOVPE装置の反応室に設置されたサセプトに装着する。次に、常圧で $\text{H}_2$ を流速2 l/分で反応室に流しながら温度1200℃でサファイア基板1を10分間気相エッチングした。次に、温度を400℃まで低下させて、 $\text{H}_2$ を20 l/分、 $\text{NH}_3$ を10 l/分、TMAを $1.8 \times 10^{-6}$ モル/分で供給して500Åの厚さのAlNから成るバッファ層2を形成した。

【0021】続いて、サファイア基板1の温度を1150℃に保持し、 $\text{H}_2$ を20 l/分、 $\text{NH}_3$ を10 l/分、TMGを $1.7 \times 10^{-6}$ モル/分の割合で30分間供給し、膜厚2.5 $\mu$ m、キャリア濃度 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ のGaNから成るn層4を形成した。次に、サファイア基板1を900℃にして、 $\text{H}_2$ を20 l/分、 $\text{NH}_3$ を10 l/分、TMGを $1.7 \times 10^{-6}$ モル/分、DEZを $1.5 \times 10^{-6}$ モル/分の割合で2分間供給して、膜厚0.2 $\mu$ mのGaNから成るp型不純物添加層5を形成した。このようにして、図3に示す

ような多層構造のLEDウエハが得られた。

【0022】次に、図4に示すように、p型不純物添加層5の上面全体にスパッタリングにより $\text{SiO}_2$ 層11を、厚さが1 $\mu$ mとなるように形成した。そして、その $\text{SiO}_2$ 層11の上にフォトレジスト12を塗布して、フォトリソグラフにより、そのフォトレジスト12の第2の電極8の形成部が除かれるように、所定形状にパターン形成した。次に、図5に示すようにそのフォトレジスト12をマスクとして下層の $\text{SiO}_2$ 層11の露出部をフッ酸系エッチング液によりエッチングした。

【0023】次に、図6に示すように、フォトレジスト12および $\text{SiO}_2$ 層11をマスクとして、真空度0.04 Torr、高周波電力0.44W/cm<sup>2</sup>、 $\text{CCl}_4/\text{F}_2$ ガスを10ml/分の割合で供給し、反応性イオンエッチングによりp型不純物添加層5を貫通しn層4に達する凹部21を形成した。また、エッチング後、続いて $\text{H}_2$ でドラムエッチングした。そして、フォトレジスト12および $\text{SiO}_2$ 層11をフッ酸で除去した。

【0024】次に、試料の上全面全体に、イオンブレーティングにより透明導電膜のITO層を約1000Åの厚さに形成した。そして、そのITO層の上にフォトレジストを塗布した。フォトリソグラフにより、第1の電極7の形成部分のフォトレジストが残るように、フォトレジストを所定形状にパターン形成した。

【0025】次に、残ったフォトレジストをマスクとして下層のITO層の露出部をエッチングした。そして、フォトレジストを除去した。これにより、図7に示すようにエッチングで残ったITO層から成る第1の電極7が形成された。次に、試料の上全面全体に蒸着によりAl層を約2000Åの厚さに形成した。そのAl層の上にフォトレジストを塗布して、フォトリソグラフにより、そのフォトレジストが、第2の電極8の形成部分が残るように、所定形状にパターン形成した。次に、そのフォトレジストをマスクとして下層のAl層の露出部をエッチングし、フォトレジストを除去した。これにより、図8に示すように、n層4に接続する第2の電極8のAl層8aが形成された。

【0026】次に、試料の上全面全体にフォトレジストを塗布し、フォトリソグラフにより、ITOから成る第1の電極7の取出電極9の形成部分と第2の電極8の形成部分とにおいて、塗布されたフォトレジストを除去した。その結果、図9に示すように、取出電極9の形成部分と第2の電極8の形成部分以外の部分にフォトレジスト層31が形成された。

【0027】次に、図9に示すように、試料の上全面にNi層32およびAu層33を蒸着により順次それぞれ約500Å、約3000Åの厚さに形成した。次に、アセトンでフォトレジスト31を除去することで、そのフォトレジスト31の直上に形成されたNi層32およびAu層33を除去することで、第1の電極7に対する取出電極9の

Ni 層 9 b と Au 層 9 c と、第 2 の電極 8 の Ni 層 8 b と Au 層 8 c とが形成された。

【0028】次に、図 1 に示すように、サファイア基板 1 の裏面全体に、Al を約 2000 Å の厚さに蒸着して、反射膜 13 が形成された。次に、以上のように製造されたウエハをダイシングにより個々のチップに切断し、個々に切断された LED チップを図 2 に示すようにリードフレーム 40 上に固定し、Au 線 43 によりリードピン 41 と第 1 の電極 7 の取出電極 9 の Au 層 9 c と接続し、Au 線 42 により第 2 の電極 8 の Au 層 8 c と接続した。

【0029】このようにして、図 2 に示す構造の発光ダイオードを製造することができた。第 2 の電極 8 に対して透明導電膜の第 1 の電極 7 を正電位となるように電圧を印加することにより、第 1 の電極 7 の下方の層にて発光を得ることができた。そして、この発光は透明の第 1 の電極 7 を介して直接取り出すことができ、又、サファイア基板 1 の裏面に形成された反射膜 13 による反射光も透明の第 1 の電極 7 を介して取り出すことができた。

【0030】この発光ダイオードは、第 1 の電極 7 に透明導電膜を用いたので、第 1 の電極 7 の面積を大きくすることができた。よって、第 1 の電極 7 と第 2 の電極 8 との間の直列抵抗を小さくすることができたので発熱が抑制された。従って、電流-電圧特性において、電流 10 mA 時の立ち上がり電圧が 6 V であった。従来の構造の発光ダイオード（第 1 の電極にアルミニウム電極を使用した LED）が電流 10 mA 時の立ち上がり電圧が 8 V であるので、従来構造に比して約 3/4 となり、駆動電圧を低下させることができた。

【0031】次に、他の実施例について説明する。上記実施例における発光ダイオード 10 では、n 層 4 を 1 層としているが、発光ダイオード 10 a を、図 10 に示すように、p 型不純物添加層 5 に接合する厚さ 1.5 μm の低キャリア濃度 n 層 4 a と厚さ 2.2 μm の高キャリア濃度 n<sup>+</sup> 層 3 との 2 層とすることもできる。この発光ダイオード 10 a では高キャリア濃度 n<sup>+</sup> 層 3 を電流が水平方向に流れるので、電極間の抵抗をより減少させることができる。高キャリア濃度 n<sup>+</sup> 層 3 は、サファイア基板 1 の温度を 1150℃ に保持し、H<sub>2</sub> を 20 l/分、NH<sub>3</sub> を 10 l/分、TMG を 1.7×10<sup>-4</sup> モル/分、H<sub>2</sub> で 0.86 ppm まで希釈したシラン (SiH<sub>4</sub>) を 200 ml/分の割合で 30 分間供給することで、膜厚 2.2 μm、キャリア濃度 1.5×10<sup>18</sup>/cm<sup>3</sup> に製膜できる。

【0032】又、図 11 に示すように、発光ダイオード 10 b を、チップの中央に透明導電膜から成る第 1 の電極 7 を形成し、その周辺に n<sup>+</sup> 層 3 に接続された第 2 の電極 8 を形成することで製造しても良い。この時、第 2 の電極 8 の最下層である Al 層を反射膜とすることができるので、発光効率を向上させることができる。

【0033】このような発光ダイオード 10 b は、図 1

2、図 13 に示す工程で製造することができる。図 12 の (a) に示すように、サファイア基板 1 上に、上述した製造方法により、順次、AlN から成るバッファ層 2、高キャリア濃度 n<sup>+</sup> 層 3、低キャリア濃度 n 層 4 a、p 型不純物添加層 5 を製造した。次に、図 12 の (b) に示すように、図 12 の (a) の多層構造のウエハに対して太い刃物（例えば、250 μm 厚）を用いたダイシングにより p 型不純物添加層 5 から低キャリア濃度 n 層 4 a、高キャリア濃度 n<sup>+</sup> 層 3、バッファ層 2、サファイア基板 1 の上面一部まで格子状に所謂ハーフカットにて切り込みを入れた。

【0034】次に、図 7 及び図 8 に示したのと同じ工程により、ITO から成る第 1 の電極 7 と、第 2 の電極 8 の Al 層 8 a を、図 13 の (c) に示すように形成した。さらに、図 9 に示す工程により、取出電極 9 の Ni 層 9 b、Au 層 9 c 及び第 2 の電極 8 の Ni 層 8 b、Au 層 8 c を形成した。

【0035】次に、図 13 (d) に示すように、細い刃（例えば、150 μm 厚）を用いたダイシングにより、格子状に第 2 の電極 8 が形成されてた切り込みが入れられている部分において、サファイア基板 1 を格子状に切断した。このようにして、図 11 に示す構造の発光ダイオード 10 b を製造することができる。

【0036】一方、図 14 に示すように、発光ダイオード 10 c を p 型不純物添加層 5 の中央部に n<sup>+</sup> 層 3 に至る小さい径の穴を開けて、その穴に第 2 の電極 8 を形成し、その周辺部に透明導電膜の第 1 の電極 7 を形成するようにしても良い。上記の構造の発光ダイオード 10 b、10 c においては、高キャリア濃度 n<sup>+</sup> 層 3 に対する第 2 の電極 8 は、p 型不純物添加層 5 に対する第 1 の電極 7 との位置関係の対称性から、電極間を流れる電流を発光領域の部位に拘わらずほぼ同じとすることができる。従って、発光ダイオードの青色の発光領域における発光ムラをなくすことができると共に発光強度を向上させることができた。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の具体的な一実施例に係る発光ダイオードのチップの構造を示した断面図。

【図 2】同実施例に係る発光ダイオードの取付け構造を示した断面図。

【図 3】同実施例に係る発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

【図 4】同実施例に係る発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

【図 5】同実施例に係る発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

【図 6】同実施例に係る発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

【図 7】同実施例に係る発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

【図 8】同実施例に係る発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

【図 9】同実施例に係る発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

【図 10】他の実施例に係る発光ダイオードの構成を示した斜視図。

【図 11】他の実施例に係る発光ダイオードの構成を示した斜視図。

【図 12】図 11 に示す発光ダイオードの製造工程におけるウェハの断面図。

【図 13】図 11 に示す発光ダイオードの製造工程におけるウェハの断面図。

【図 14】他の実施例に係る発光ダイオードの構造を示した断面図。

【図 15】その実施例に係る発光ダイオードの平面図。

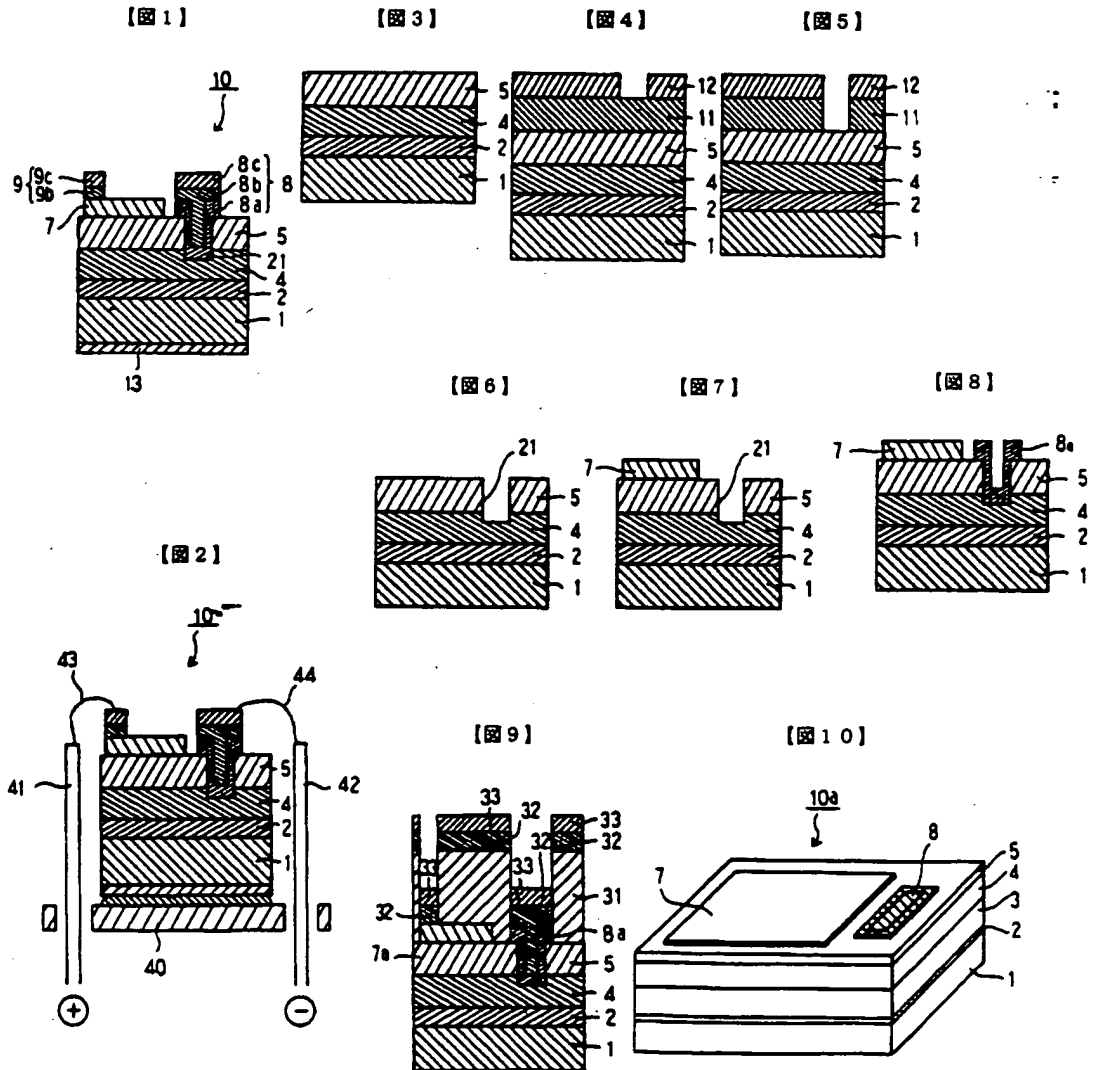
【符号の説明】

1—サファイヤ基板 2—バッファ層 3—高キャリア濃度  $n^+$  層

4— $n$  層 4a—低キャリア濃度  $n$  層 5— $p$  型不純物添加層

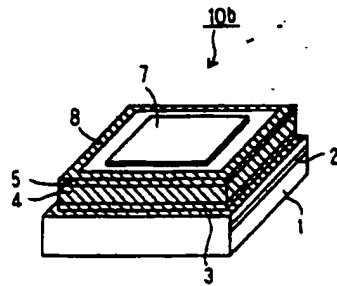
7—第 1 の電極（透明導電膜による電極） 8—第 2 の電極

10, 10a, 10b, 10c—発光ダイオード

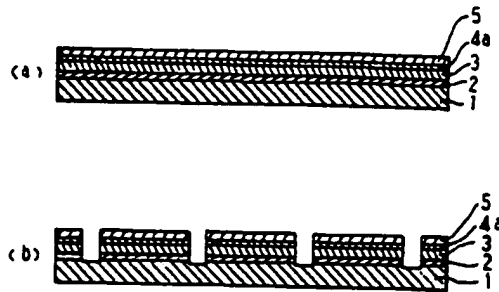




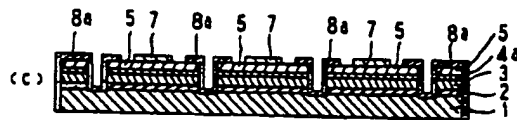
【圖 11】



【圖 12】



【圖 13】



【圖 14】

【圖 15】

